Iranian Journal of Field Crops Research
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

Research Article
Vol. 20, No. 4, Winter 2023, p. 481-500

Effect of the Ammonium Nitrate Levels on Intercropped Barley (*Hordeum Vulgare* L.) and Vetch (*Vicia Villosa*) under Weed Competition Management

F. Faramarzi[1], S. M. B. Hosseini[2*], H. Mansory[3], D. Fangueiro[4], H. Alizadeh[5]

Received: 15-03-2022 Revised: 15-08-2022 Accepted: 18-08-2022	**How to cite this article:** Faramarzi, F., Hosseini, S. M. B., Mansory, H., Fangueiro, D., & Alizadeh, H. (2023). Effect of the Ammonium Nitrate Levels on Intercropped Barley (*Hordeum Vulgare* L.) and Vetch (*Vicia Villosa*) under Weed Competition Management. *Iranian Journal of Field Crops Research, 20*(4), 481-500. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.75859.1154

Introduction

Intensive agriculture, despite high production, has adverse environmental effects, mainly due to the use of pesticides and chemical fertilizers. Therefore, we need alternative agricultural systems that are more economically and environmentally sustainable to produce crops. One of the sustainable methods in the production of agricultural products is intercropping. Intercropping of two or more species in a plot of land can increase biodiversity and resource utilization as agricultural perspective, which in turn can lead to increased yield stability. Intercropping uses resources more efficiently than monoculture, preventing the growth and spread of weeds by shading and suffocating weeds, and in some cases with allelopathic. Intercropping of cereals and legumes is recommended for the development of sustainable food production systems, especially in planting systems based on reduced consumption of foreign inputs. The importance of these systems depends on the nitrogen stabilized by the legumes. The aim of this experiment was to study the effects of row intercropping of barley and vetch and different levels of ammonium nitrate fertilizer on weed biomass, yield components and yield of two species in Karaj climatic condition.

Materials and Methods

This experiment was performed as a factorial split plot based on randomized complete block design in 2019-2020 cropping year in the research farm of the Agriculture and Natural Resources, University of Tehran. Main plots included three levels of ammonium nitrate fertilizer (0, 35 and 70 kg.ha^{-1}) and sub-plots include different ratios of barley and vetch (100% barley, 80% barley: 20% vetch, 80% barley: 45% vetch, 80% barley: 70% vetch, 100% vetch, 80% vetch: 20% barley, 80% vetch: 45% barley, 80% vetch: 70% barley) weeding and non-weeding were in three replications. Plant density in sole barley and vetch were 250 plants per square meter. The method of cultivation in this study was additive intercropping. Seeds were sown on November 6th. The first stage of fertilization was done simultaneously with planting and one third was added to each plot and the second and third stages of fertilization were performed in two stages of stem emergence and spike emergence, respectively from ammonium nitrate fertilizer source. The final harvest was done on July 28th. Data were

1- PhD student in Crop Ecology, Karaj Agricultural and Natural Resources Campus, University of Tehran, Tehran, Iran
2- Associate Professor, Department of Agronomy, Karaj Agricultural and Natural Resources Campus, University of Tehran, Tehran, Iran
3- Assistant Professor, Sugar Beet Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center of Hamedan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Hamedan, Iran
4- Assistant Professor, Institute of Agronomy, University of Lisbon, Portugal
5- Professor, Department of Agronomy, Karaj Agricultural and Natural Resources Campus, University of Tehran, Tehran, Iran
(*- Corresponding Author Email: bhosseini@ut.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.75859.1154

analyzed using SAS 9.1 software. The least significant difference test ($P \leq 0.05$) was used to compare the means.

Results and Discussion

The highest barley grain yield (432.44 g) was related to sole barley, 70 kg ammonium nitrate and weed control, which was not significantly different with 80% B: 45%V, 70 kg ammonium nitrate and weed control. Also, the highest yield of vetch grain (161.47 g) was obtained in sole vetch, application of 70 kg ammonium nitrate and weed control treatment, which was not significantly different with 80%V: 20%B intercropping, application of 70 kg ammonium nitrate and weed control treatment. Weeds in this experiment include: Wild oats (*Avena fatua*), ryegrass (*Lolium temulentum*), Bromus (*Bromus tectorum*), Fox tail (*Alopecurus myosuroides*), Wild mustard (*Sinapis arvensis*), Creeping Thistle (*Cirsium arvense*), London rocket (*Sisymbrium irio*), Cockspur grass (*Echinochloa crus-galli*) and Cornflower (*Centaurea cyanus*). The highest dry weight of weed (231.62 g) was observed in sole vetch, application of 70 $kg.ha^{-1}$ ammonium nitrate fertilizer treatment. The highest land equivalent ratio LER (1.68) is related to 80% V: 70%B, non-application of ammonium nitrate fertilizer in weed control condition. Intercropping was successful in controlling weeds and using resources, thereby increasing the yield of plants in the experiment.

Conclusion

The results obtained from the experiment showed that all different systems of barley and vetch intercropping had land equivalent ratio higher than one, which indicates the superiority of intercropping over pure crops in the land use and crop production. Intercropping treatments were also able to control weeds. Intercropping with high ability to suppress weeds were able to use more resources. On the other hand, vetch biologically stabilized nitrogen was able to reduce the need for fertilizer in plants.

Keywords: Grain yield, Monoculture, Number of spikes, Weed control

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۲۰، شماره ٤، زمستان ١٤٠١، ص ٥٠٠-٤٨١

اثر سطوح نیترات آمونیوم بر مخلوط جو (*Hordeum vulgare* L.) و ماشک گل‌خوشه‌ای (*Vicia Villosa*) در شرایط رقابت علف هرز

فرزانه فرامرزی[1]، سید محمدباقر حسینی[2]*، حامد منصوری[3]، دیوید فانگوئیرو[4]، حسن علیزاده[5]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۲۷

چکیده

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام شد. کرت‌های اصلی شامل سه سطح کود نیترات آمونیوم (صفر، ۳۵ و ۷۰ کیلوگرم در هکتار) و کرت‌های فرعی شامل نسبت‌های مختلف مخلوط جو و ماشک گل‌خوشه‌ای (۱۰۰٪ جو (B100)- ۸۰٪ جو: ۲۰٪ ماشک گل‌خوشه‌ای (B_{80}+V_{20})- ۸۰٪ جو: ۴۵٪ ماشک گل‌خوشه‌ای (B_{80}+V_{45})- ۸۰٪ جو: ۷۰٪ ماشک گل‌خوشه‌ای (B_{80}+V_{70})-۱۰۰٪ ماشک گل‌خوشه‌ای (V_{100})- ۸۰٪ ماشک گل‌خوشه‌ای: ۲۰٪ جو (V_{80}+ B_{20})- ۸۰٪ ماشک گل‌خوشه‌ای: ۴۵٪ جو (V_{80}+ B_{45})- ۸۰٪ ماشک گل‌خوشه‌ای: ۷۰٪ جو (V_{80}+ B_{70})) و وجین و عدم وجین علف هرز در سه تکرار بود. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه جو (۴۳۲/۴۴ گرم بر مترمربع) مربوط به تک‌کشتی جو، ۷۰ کیلوگرم نیترات آمونیوم و کنترل علف هرز بود که تفاوت معنی‌داری با کشت مخلوط B_{80}+V_{45}، ۷۰ کیلوگرم نیترات آمونیوم و کنترل علف هرز نداشت. همچنین بیشترین عملکرد دانه ماشک (۱۶۱/۴۷ گرم بر مترمربع) در تیمار تک‌کشتی ماشک و کاربرد ۷۰ کیلوگرم نیترات آمونیوم و کنترل علف هرز به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار کشت مخلوط V_{80}+B_{20} کاربرد ۷۰ کیلوگرم نیترات آمونیوم و کنترل علف هرز نداشت. بیشترین میزان وزن خشک علف هرز (۲۳۱/۶۲ گرم بر مترمربع) در تیمار تک‌کشتی ماشک و کاربرد ۷۰ کیلوگرم در هکتار کود نیترات آمونیوم مشاهده شد. بیشترین میزان نسبت برابری زمین LER (۱/۶۸) مربوط به تیمار V_{80}+B_{70} و عدم کاربرد کود نیترات آمونیوم و در شرایط کنترل علف هرز می‌باشد. در بسیاری از نسبت‌های کشت مخلوط افزایشی عملکرد دانه گیاهان در حالت وجین و عدم وجین علف‌های هرز تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشت که نشان‌دهنده‌ی موفقیت کشت مخلوط افزایشی در جذب نیتروژن و سرکوب علف‌های هرز می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تعداد سنبله، عملکرد دانه، کشت خالص، کنترل علف هرز

مقدمه

کشاورزی فشرده علی‌رغم تولید بالا، اثرات سوء زیست‌محیطی را نیز در پی دارد که عمدتاً به دلیل استفاده از سموم و کودهای شیمیایی است. بنابراین برای تولید محصولات زراعی، به سامانه‌های کشاورزی جایگزینی نیاز است که هم از نظر اقتصادی و هم زیست‌محیطی پایدارتر باشند (Soleimanpour *et al.*, 2018). یکی از روش‌های پایدار در تولید محصولات کشاورزی کشت مخلوط است. کشت مخلوط دو یا چند گونه در یک قطعه زمین می‌تواند تنوع زیستی و بهره‌وری استفاده از منابع را از منظر کشاورزی افزایش دهد که به نوبه خود می‌تواند منجر به افزایش ثبات عملکرد گردد (Luce *et al.*, 2020; Weih *et al.*, 2021). نظریه مرتبطی که از جوامع گیاهی موجود در طبیعت به‌دست آمده است "فرضیه بیمه" است که پیش‌بینی می‌کند که جوامع گیاهی متنوع‌تر در برابر آشفتگی‌هایی مانند رویدادهای شدید اقلیمی مقاوم‌تر یا انعطاف‌پذیرتر خواهند بود، زیرا مجموعه‌های متنوع‌تر احتمال بیشتری دارد که گونه‌ها یا

۱- دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۲- دانشیار گروه زراعت، پردیس کشاورزی کرج و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۳- استادیار، بخش تحقیقات چغندر قند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران
۴- استادیار انستیتو زراعت، دانشگاه لیسبون، پرتغال
۵- استاد گروه زراعت، پردیس کشاورزی کرج و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: bhosseini@ut.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.75859.1154

ژنوتیپ هایی را در خود جای دهند که توانایی تحمل بهتر یک آشفتگی را دارند (Weih *et al.*, 2021). یکی از این آشفتگی‌ها که می‌توان در مزارع کشاورزی به آن اشاره کرد علف‌های هرز می‌باشند. علف‌های‌هرز از معضلات و مشکلات مهم درکشت محصولات کشاورزی هستند که نه تنها عملکرد و کیفیت محصول را کاهش می‌دهند، بلکه کنترل آن‌ها، هزینه‌های زیادی را به کشاورزان تحمیل می کند (Elhaminejad *et al.*, 2021). برای موفقیت در مدیریت علف‌های هرز نیاز به استراتژی‌های تلفیقی است. ترکیب روش‌های کنترل مستقیم علف‌های هرز مانند علف‌کش یا وجین دستی همراه با روش‌های غیرمستقیم مانند آماده‌سازی زمین، غرقاب و گیاهان زراعی رقابتی می‌توانند رشد علف‌های هرز را سرکوب کنند (Gbanguba *et al.*, 2020). استفاده از گونه‌ها با قدرت رقابت، تنظیم فاصله ردیف‌های کشت، افزایش تراکم و استفاده از سیستم‌های کشت مخلوط، همگی به‌عنوان عوامل افزایش‌دهنده‌ی توان رقابتی گیاهان زراعی مطرح هستند (Elhaminejad *et al.*, 2021). رقابت علف‌های هرز– گیاه زراعی با عادت رشد گیاه زراعی تعیین می شود که در آن پوشش سریع کانوپی یک گیاه، جمعیت علف‌های هرز را سرکوب می‌کند (Weerarathne *et al.*, 2017). مکانیسم کنترل علف‌های هرز در کشت مخلوط می‌تواند به این شکل باشد که یکی از گیاهان زراعی از طریق رقابت با علف‌های‌هرز، محیطی برای گیاهان زراعی دیگر فراهم نماید که در آن، زیست‌توده علف‌های‌هرز را کاهش می‌دهد. کشت مخلوط به‌عنوان یکی از راهبردهای موردتوجه در خصوص افزودن توانایی رقابتی گیاهان محسوب می‌گردد (Elhaminejad *et al.*, 2021). کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی به‌طور مؤثرتری از منابع استفاده می‌کند، از طریق سایه‌اندازی و خفه کردن علف‌های هرز و در برخی موارد با خاصیت دگرآسیبی، از رشد و گسترش علف‌های‌هرز جلوگیری می‌کند همچنین کاهش آشیانه‌های خالی در کشت‌های مخلوط منجر به کاهش مقدار مواد قابل دسترس برای استفاده علف‌های هرز می‌گردد (Zimdahl, 2007). توانایی نظام‌های کشت مخلوط برای رقابت با علف‌های‌هرز و کنترل آن‌ها به عوامل مختلفی از جمله ترکیب گیاهان، ارقام، تراکم یا نسبت‌های کشت مخلوط و حاصلخیزی خاک وابسته است (Asadi & Khorramdel, 2014). آجینهو و همکاران (Agegnehu *et al.*, 2008) در آزمایش خود نشان دادند که کشت مخلوط گندم (*Triticum aestivum*)– باقلا (*Vicia faba*) باعث افزایش عملکرد کل، کاهش رشد علف‌های هرز، افزایش کارایی استفاده از زمین و در نتیجه افزایش پایداری در تولید شد. فرناندز آپاریکو و همکاران (Fernandez-Aparicio *et al.*, 2008) در آزمایش خود نشان دادند که کشت مخلوط شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) با دیگر بقولات، به‌دلیل اثرات دگرآسیبی ریشه شنبلیله بر چرخه زندگی گل‌جالیز (*Orobanche*)، در مرحله جوانه‌زنی باعث کاهش خسارت این علف‌هرز شد.

کشت مخلوط با گیاهان تیره لگومینوزه یکی از مرسوم‌ترین انواع الگوهای کشت مخلوط است که دارای سابقه‌ای طولانی در بسیاری از مناطق جهان می‌باشد (Asadi & Khorramdel, 2014). کشت مخلوط غلات و لگومینوزها برای توسعه نظام‌های پایدار تولید غذا، به‌ویژه در نظام‌های کاشت بر مبنای کاهش مصرف نهاده‌های خارجی توصیه گردیده است (Asadi & Khorramdel, 2014). اهمیت این نظام‌ها بر نیتروژن تثبیت‌شده به‌وسیله لگوم‌ها متکی می‌باشد (Bedoussac *et al.*, 2015). پلزر و همکاران (Pelzer *et al.*, 2012) اظهار داشتند که کشت مخلوط گندم و نخود (*Cicer arietinum*) می‌تواند باعث تولید عملکرد بالایی از گندم شود، به طوری‌که علاوه بر پایداری اقتصادی، سازگار با محیط‌زیست نیز باشد. با توجه به مطالعات مالزیو و همکاران (Malézieux *et al.*, 2009) کشت مخلوط غلات– لگوم باعث افزایش پایداری عملکرد در مقایسه با سیستم‌های تک‌کشتی شد. چاپاگاین و رایسمن (Chapagain & Riseman, 2014) در آزمایش خود نشان دادند که نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare*)– نخود نسبت به تیمارهای تک‌کشتی ۳۲ درصد بیشتر بود. ماشک گل‌خوشه‌ای (*Vicia villosa* Roth.) یکی از گیاهان علوفه‌ای از تیره لگومینوز می‌باشد که کاشت آن به‌دلیل تثبیت بیولوژیکی نیتروژن منجر به بهبود حاصلخیزی می‌شود و در پی آن عملکرد بهبود می‌یابد. کشت مخلوط این گیاه، راهکار مناسبی برای افزایش عملکرد و ارتقای پایداری تولید در نظام‌های کشاورزی کم نهاده می‌باشد (Asadi & Khorramdel, 2014). احمدی و همکاران (Ahmadi *et al.*, 2010) گزارش دادند که تیمارهای مخلوط ماشک و جو به‌دلیل بهره‌برداری بهتر از نور، منجر به بهبود عملکرد شدند. حبیبی و همکاران (Habibi *et al.*, 2010) اظهار داشتند که بالاترین عملکرد علوفه خشک، نسبت برابری زمین بیش از یک و بالاترین کیفیت علوفه در ترکیب ۵۰ درصد ماشک+ ۵۰ درصد جو به‌دست آمد. توستی و همکاران (Tosti *et al.*, 2010) با بررسی رقابت و مساعدت کشت مخلوط افزایشی ماشک گل خوشه‌ای و جو در شرایط آب و هوای مدیترانه‌ای، بیان کردند که نسبت‌های مخلوط منجر به بهبود نسبت برابری زمین گردید و در کلیه نسبت‌ها در مقایسه با تک‌کشتی کارایی استفاده از منابع افزایش داشت. از آنجا که ماشک گل‌خوشه‌ای گونه‌ای متحمل نسبت به سرما است کاشت این گیاه همچنین می‌تواند مزایایی مانند بهبود حاصلخیزی خاک، ایجاد تعادل در میزان تشعشع، رطوبت، دما و نیز نیتروژن را به همراه داشته باشد. همچنین با توجه به‌این‌که بالاترین میزان آبشویی نیترات طی پاییز و زمستان صورت می‌گیرد کاشت گیاهان خانواده لگومینوزه که دارای تحمل

نسبتاً مناسب به سرما می‌باشند می‌تواند مانع تلفات نیتروژن شـود و از این طریق علاوه بر حفظ محیطزیست و جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینـی، موجـب کـاهش هزینـه‌هـای تولیـد گـردد (Asadi & Khorramdel, 2014).

بنابراین، با توجه به اهمیت لگوم‌ها در الگوی کشت این آزمـایش با هدف مطالعه اثر نسبت‌های کشـت مخلـوط ردیفـی جـو و ماشـک گل‌خوشه‌ای و سطوح مختلف کـود نیتـرات آمونیـوم بـر زیسـت‌تـوده علف‌های‌هرز، اجـزای عملکـرد و عملکـرد دو گونـه در شـرایط آب و هوایی کرج طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در سال ۹۹-۱۳۹۸ بـه‌صـورت کـرت‌هـای خردشـده فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. کرت‌های اصلی شامل سه سطح کود نیترات آمونیوم (صفر، ۳۵ و ۷۰کیلوگرم در هکتار) و کرت‌های فرعی شامل نسبت‌هـای مختلـف مخلـوط جـو و ماشک گل‌خوشـه‌ای (۱۰۰٪ جـو (B100)- ۸۰٪ جـو: ۲۰٪ ماشـک گـل‌خوشـه‌ای (B_{80}+V_{20})- ۸۰٪ جـو: ۴۵٪ ماشـک گـل‌خوشـه‌ای (B_{80}+V_{45})- ۸۰٪ جـو: ۷۰٪ ماشـک گـل‌خوشـه‌ای (B_{80}+V_{70})- ۱۰۰٪ ماشک گل‌خوشه‌ای (V_{100})- ۸۰٪ ماشک گل‌خوشـه‌ای: ۲۰٪ جو (V_{80}+ B_{20})- ۸۰٪ ماشک گل‌خوشـه‌ای: ۴۵٪ جـو (V_{80}+ B_{45})- ۸۰٪ ماشک گـل‌خوشـه‌ای: ۷۰٪ جـو (V_{80}+ B_{70})) و وجـین و عـدم وجین علف هرز در سـه تکـرار بـود. در ایـن تحقیـق از روش کشـت مخلوط افزایشی و جایگزینی جو: ماشک گل‌خوشه‌ای اسـتفاده شـد و به‌صورت افزایش تراکم بر روی ردیف‌های کاشت بود. به ایـن شـکل که با افزایش نسبت کشت هر گونه فاصله بـین بوتـه‌هـا روی ردیـف کاهش یافت. جهت انجام عملیات آماده‌سازی زمین ابتدا با گـاو آهـن برگردان‌دار شخم و سپس دیسک زده شد. تراکم بوته در تـک‌کشـتی جو و ماشک ۲۵۰ بوته در متر مربع بـود (Asadi & Khorramdel, 2014; Mohsenabadi *et al.*, 2008). تجزیه واریانس وزن خشک علف‌هرز نیز به‌صـورت کـرت خردشـده در قالـب بلـوک‌هـای کامـل تصادفی انجام شد که در آن سطوح کـود نیتـرات آمونیـوم بـه‌عنـوان کرت‌های اصلی و نسبت‌های مختلف کشت به‌عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شد.

نمونه‌برداری از خاک محل آزمـایش از عمـق ۰-۳۰ سـانتی‌متـر انجام گرفت که نتایج آن نشان داد که خـاک مزرعـه محـل آزمـایش دارای بافت لومی رسی با pH برابر ۷/۵ و هدایت الکتریکـی $dS.m^{-1}$ ۱/۲۳، دارای ۰/۰۸۱ درصـد نیتـروژن، ۰/۷۷ درصـد کـربن آلـی و $mg.kg^{-1}$ ۶۱/۴ فسفر قابل‌جذب و $mg.kg^{-1}$ ۱۰۸ پتاسیم قابـل‌جـذب بود. اطلاعات هواشناسی منطقه نیز در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- آمار هواشناسی (ماهانه) ایستگاه سینوپتیک کرج طی دوره آزمایش در سال ۹۹-۱۳۹۸

Table 1- Meteorological statistics (monthly) of Karaj synoptic station during the experimental period in 2019-20

ماه Month	بارش Precipitation (mm)	دمای حداقل Minimum temperature	دمای حداکثر Maximum temperature	دمای میانگین Average temperature	ساعات آفتابی Sunny hours (h)
		بر حسب سانتی‌گراد (°C)			
آبان November	103.62	4.98	14.17	9.57	6.21
آذر December	30.16	2.39	10.3	6.34	5.37
دی January	38.54	-0.38	7.66	3.64	6.1
بهمن February	34.45	-0.81	8.33	3.76	6.99
اسفند March	100.65	4.88	15.9	10.39	7.14
فروردین April	94.22	5.61	16.32	10.96	6.94
اردیبهشت May	56.15	11.01	21.21	16.11	9.09
خرداد June	0	16.9	34.16	25.53	11.8
تیر July	0	19.2	34.3	26.75	11.16

فاصله بین ردیف‌های کشت ۲۵ سانتی‌متر و در کشت‌های مخلوط افزایشی، افزایش تراکم بر روی ردیف‌ها انجام گرفت به طوری که با افزایش تراکم فاصله بین بوته‌ها کمتر گردید که بر اساس افزایش در ردیف در هر تیمار این فاصله متغیر بود. اندازهٔ کرت‌ها ۶×۲ و فاصله بین کرت‌ها ۰/۵ متر و بلوک‌ها یک متر در نظر گرفته شد. زمین به‌صورت جوی و پشته تهیه گردید. دانه‌ها قبل از کاشت از نظر قوه نامیه آزمایش شدند و میزان قوه نامیه برای هر دو نوع دانه، بیش از ۹۰ درصد بود. بذور در آبان ماه کشت شدند.

ارقام مورد استفاده برای این پژوهش شامل جو رقم مهتاب که از مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران و ماشک گل‌خوشه‌ای رقم نئوپلانتا که از شرکت دانه نگین سبز برنا تهیه شد. مرحله اول کوددهی همزمان با کاشت از منبع کود نیترات آمونیوم و به میزان یک سوم به هر کرت اضافه و مرحله دوم و سوم کوددهی نیز به‌ترتیب در دو مرحله ساقه رفتن و مرحله ظهور سنبله انجام شد. آبیاری (به‌صورت بارانی) اول بلافاصله پس از کاشت انجام شد و فاصله آبیاری‌های بعدی بر اساس نیاز گیاه انجام شد. در تیمارهای بدون علف‌هرز وجین دستی دو بار در مراحل پنجه‌زنی و خوشه رفتن جو انجام شد. به‌منظور بررسی تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط بر وزن خشک علف‌های‌هرز، نمونه‌برداری با استفاده از کوادرات یک در یک انجام شد. تعداد پنج بوته جهت اندازه‌گیری اجزای عملکرد انتخاب گردید و روش اندازه‌گیری به شیوه تخریبی بود. در پایان فصل رشد، گیاهان با حذف اثرات حاشیه‌ای (به میزان نیم متر) برداشت شده و عملکرد و اجزای عملکرد برای ماشک گل‌خوشه‌ای و جو اندازه‌گیری و ثبت شد. برداشت نهایی نیز در تیر ماه انجام شد. نمونه‌برداری از علف‌های هرز جهت تعیین تراکم و وزن خشک آن‌ها قبل از برداشت گیاهان با استفاده از کوآدرات یک در یک صورت پذیرفت. وزن خشک گیاهان زراعی و علف‌های هرز پس از قرار گرفتن در آون (۴۸ ساعت با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد) اندازه‌گیری و تعیین شد. برای ارزیابی نسبت‌های کشت مخلوط شاخص نسبت برابری زمین بر اساس رابطه (۱) محاسبه شد (Gliessman, 1990):

$$LER= (Yij/Yii) +(Yji/Yjj) \quad (۱)$$

که در این معادله Yii= عملکرد گونه i در کشت خالص، Yjj= عملکرد گونه j در کشت خالص، Yij= عملکرد گونه i در کشت مخلوط، Yji= عملکرد گونه j در کشت مخلوط می‌باشد.

داده‌ها با نرم‌افزار SAS 9.1 تجزیه شدند. از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (P≤۰/۰۵) جهت مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

جو

تعداد سنبله

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی کود نیترات آمونیوم، نسبت‌های مختلف کشت مخلوط و وجین علف هرز در سطح یک درصد بر تعداد سنبله معنی‌دار بودند همچنین بر همکنش سه عامل در سطح پنج درصد بر این صفت معنی‌دار بود اما سایر تیمارها اثر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول ۲). بیشترین تعداد سنبله در تیمار تک‌کشتی جو B_{100} (۴۶۴ سنبله در متر مربع)، کاربرد ۷۰ کیلوگرم در هکتار نیترات آمونیوم و کنترل علف هرز به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار کشت مخلوط $B_{80}+V_{45}$ و مصرف کود ۳۵ کیلوگرم نیترات آمونیوم و کنترل علف هرز نداشت. کمترین تعداد سنبله (۶۰/۶۷) نیز در تیمار کشت مخلوط $V_{80}+B_{20}$، عدم مصرف کود و عدم کنترل علف هرز مشاهده شد (جدول ۳).

در آزمایش سلیمانپور و همکاران (Soleimanpour *et al.*, 2018) نیز مشخص شد بیشترین تعداد سنبله در مترمربع مربوط به تیمار تک‌کشتی جو و کنترل علف هرز بود. علت کمتر بودن تعداد سنبله در کشت مخلوط را می‌توان به علت جایگزینی بخشی از سطح زیر کاشت به‌وسیله گیاه لگوم، رقابت بین گیاهان زراعی همراه و علف‌های هرز به‌ویژه برای کسب مواد غذایی دانست. علاوه بر این تعداد سنبله جو در تیمارهایی که نسبت ماشک در حضور علف هرز افزایش یافت نسبت به تیمارهایی که درصد جو در حضور علف هرز افزایش یافت کمتر بود که علت آن را می‌توان قدرت رقابت کمتر لگوم‌ها با علف‌های هرز و در نتیجه افزایش تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز در این تیمارهای کشت مخلوط دانست. در تحقیقات دیگر بیان شد که وجین علف‌های هرز منجر به افزایش مواد مغذی در دسترس گیاهان زراعی می‌گردد که همین امر افزایش تعداد سنبله را در پی دارد (Seyedi *et al.*, 2012). در تحقیق بارکر و دنت (Barker & Dennett, 2013) مشخص شد که تعداد سنبله گندم در تک‌کشتی بیشتر از کشت مخلوط گندم و باقلا بود.

تعداد دانه در سنبله

همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است اثرات اصلی نیترات آمونیوم، نسبت‌های مختلف کشت مخلوط و وجین علف هرز و همچنین برهمکنش کود نیترات آمونیوم و نسبت‌های مختلف کشت مخلوط در سطح یک درصد بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار بودند. بیشترین تعداد دانه در سنبله (۵۵/۵۰) مربوط به تیمار کشت مخلوط $V_{80}+B_{45}$ و مصرف ۷۰ کیلوگرم نیترات آمونیوم بود که منجر به

افزایش ۶۲ درصدی نسبت به تیمار $V_{80}+B_{70}$ و عدم مصرف کود شد (شکل ۱). کمترین (۲۱) نیز در تیمار $V_{80}+B_{70}$ و عدم مصرف کود مشاهده شد (شکل ۱). همین‌طور از تیمار کنترل علف هرز بیشترین تعداد دانه در سنبله (۴۱/۲۲) حاصل شد و کمترین (۳۷/۹۵) نیز مربوط به عدم کنترل علف هرز بود (شکل ۲).

کهراریان و همکاران (Kahraryan *et al.*, 2018) گزارش دادند که بیشترین تعداد دانه در سنبله در کشت مخلوط جو و ماشک با متوسط ۴۵/۹۷ دانه مربوط به تیمار تراکم ۲۵۰ بوته ماشک+ ۳۰۰ بوته جو می‌باشد این محققان گزارش دادند که این تیمار منجر به افزایش ۱۸/۷۸ درصدی این صفت نسبت به کشت خالص گردید. این محققان اظهار داشتند که افزایش تراکم بوته ماشک به ۶۵۰ بوته از تعداد دانه در سنبله جو کاسته شد. در آزمایش دیگری بیان شد که با افزایش نسبت یونجه یک‌ساله در کشت مخلوط با جو از تعداد دانه در سنبله جو کاسته شد (Sadeghpour & Jahanzad, 2012). اما با این‌حال تعداد دانه در سنبله در کشت‌های مخلوط بیشتر از تک‌کشتی بود. در واقع در کشت مخلوط رقابت برون گونه‌ای ماشک نسبت به رقابت درون گونه‌ای جو کاهش یافته و فضای بیشتری برای رشد جو فراهم گردید و رشد جو افزایش یافت و ماده فتوسنتزی بیشتری به سنبله‌ها انتقال یافت و این مسئله سبب تشکیل تعداد دانه‌های بیشتری در سنبله شده و در اثر آن تعداد دانه در سنبله افزایش یافته است. در آزمایش سلیمانپور و همکاران (Soleimanpour *et al.*, 2018) بیشترین تعداد دانه در سنبله در کشت مخلوط جو و باقلا مشاهده شد این محققان اظهار داشتند که کاهش تداخل علف‌های هرز باعث افزایش تعداد دانه در این تیمار شد.

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی سطوح مختلف کود نیترات آمونیوم، نسبت‌های مختلف کشت مخلوط و وجین علف هرز و برهمکنش نیترات آمونیوم و نسبت‌های مختلف کشت مخلوط و برهمکنش نیترات آمونیوم و وجین بر وزن هزار دانه معنی‌دار بودند ($P\leq$۰/۰۵) (جدول ۲). مطابق با نتایج مقایسه میانگین بیشترین میزان وزن هزار دانه (۶۳/۴ گرم) در تیمار $B_{80}+V_{45}$ و کاربرد ۷۰ کیلوگرم نیترات آمونیوم به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار نسبت کشت مخلوط $B_{80}+V_{70}$ و کاربرد ۷۰ کیلوگرم در هکتار نیترات آمونیوم نداشت (شکل ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر مصرف کود آمونیوم نیترات، نسبت‌های کشت مخلوط با ماشک گل خوشه‌ای و مدیریت علف‌های هرز بر صفات مختلف جو

Table 2- Variance analysis of ammonium nitrate fertilizer use, different ratios of intercropping with vetch effects on different traits of barley

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	تعداد سنبله Number of spikes	تعداد دانه در سنبله Number of seeds per spike	وزن هزار دانه 1000- seed weight	عملکرد دانه Grain yield
بلوک Block	2	317.06^{**}	1.20^{ns}	0.06^{ns}	803.15^{*}
کود آمونیوم نیترات (A) Ammonium nitrate fertilizer (A)	2	8727.98^{**}	2506.48^{**}	6.08^{**}	11672.87^{**}
خطای اصلی Error main	4	10.51	16.22	0.07	83.80
نسبت‌های کشت مخلوط (B) Intercropping ratios (B)	6	285795.03^{**}	435.79^{**}	5.87^{**}	107403.14^{**}
مدیریت علف هرز (C) Weed management (C)	1	6718.92^{**}	336.79^{**}	1.54^{**}	1309.45^{ns}
A × B	12	752.63^{ns}	79.23^{**}	0.33^{**}	2492.10^{**}
A × C	6	184.21^{ns}	10.87^{ns}	0.12^{*}	2842.51^{*}
B × C	2	353.70^{ns}	41.72^{ns}	0.00^{ns}	5107.24^{**}
A × B × C	12	1104.83^{*}	17.49^{ns}	0.01^{ns}	1931.48^{*}
خطای فرعی Error sub	78	565.31	20.04	0.05	1014.13
ضریب تغییرات (C.V)		7.9	11.3	4.3	10.6

ns, *, **به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطوح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

ns, *,** are non significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively

جدول ۳- اثر متقابل سه‌گانه تیمارهای مختلف بر صفات مختلف جو

Table 3- The triple interaction of different treatments on different traits of barley

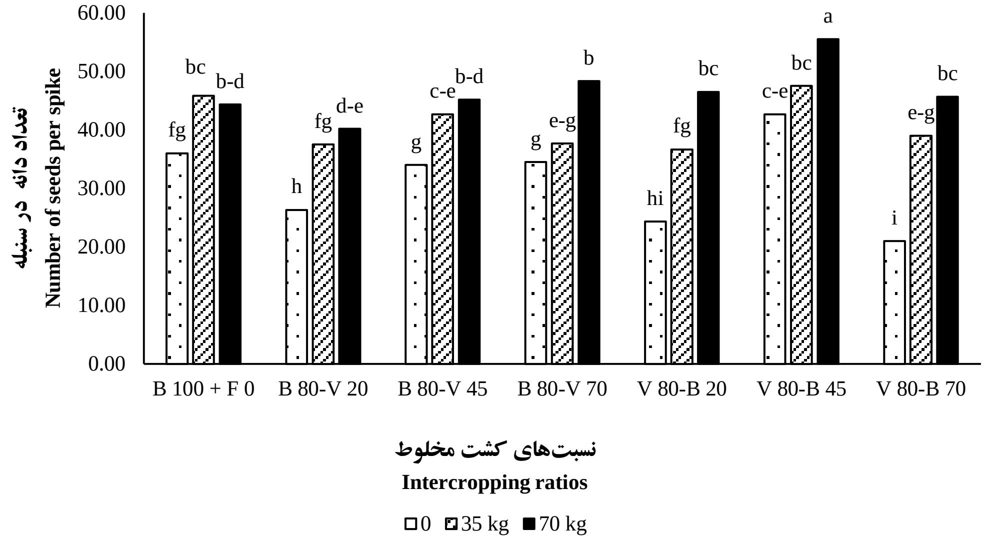
کود آمونیوم نیترات Ammonium nitrate (kg.ha^{-1})	نسبت‌های کشت مخلوط Intercropping ratios	مدیریت علف هرز Weed management	تعداد سنبله Number of spikes (m^{-2})	عملکرد دانه Grain yield (g.m^{-2})
کود صفر 0 (kg.ha^{-1})	B_{100}	Weedy	407.67^{d-g}	352.14^{c-h}
	B_{100}	Free weeds	416.33^{c-f}	361.16^{b-f}
	$B_{80}+V_{20}$	Weedy	341.03^{i-m}	272.49^{k-o}
	$B_{80}+V_{20}$	Free weeds	314.33^{m-o}	365.60^{b-e}
	$B_{80}+V_{45}$	Weedy	371.33^{g-j}	328.25^{d-i}
	$B_{80}+V_{45}$	Free weeds	391.00^{e-h}	365.18^{b-e}
	$B_{80}+V_{70}$	Weedy	307.00^{m-o}	311.24^{f-k}
	$B_{80}+V_{70}$	Free weeds	378.33^{f-i}	325.53^{d-j}
	$V_{80}+B_{20}$	Weedy	60.67^{s}	114.18^{u}
	$V_{80}+B_{20}$	Free weeds	93.00^{s}	122.32^{u}
	$V_{80}+B_{45}$	Weedy	151.33^{r}	218.26^{p-r}
	$V_{80}+B_{45}$	Free weeds	165.33^{qr}	227.28o^{-r}
	$V_{80}+B_{70}$	Weedy	284.33^{o}	302.20^{h-m}
	$V_{80}+B_{70}$	Free weeds	291.67^{no}	334.36^{c-i}
35 (kg.ha^{-1})	B_{100}	Weedy	424.33^{b-e}	367.26^{b-e}
	B_{100}	Free weeds	455.67^{ab}	372.42^{b-e}
	$B_{80}+V_{20}$	Weedy	331.33^{k-m}	308.64^{g-l}
	$B_{80}+V_{20}$	Free weeds	334.00^{j-m}	343.32^{c-h}
	$B_{80}+V_{45}$	weedy	406.00^{d-g}	351.61^{c-h}
	$B_{80}+V_{45}$	Free weeds	452.07^{a-c}	381.16^{a-c}
	$B_{80}+V_{70}$	Weedy	340.33^{i-m}	335.49^{c-i}
	$B_{80}+V_{70}$	Free weeds	326.67^{k-n}	324.07^{e-k}
	$V_{80}+B_{20}$	Weedy	70.67^{s}	138.49^{tu}
	$V_{80}+B_{20}$	Free weeds	93.67^{s}	153.39^{s-u}
	$V_{80}+B_{45}$	Weedy	173.00^{p-r}	244.23^{n-q}
	$V_{80}+B_{45}$	Free weeds	184.00^{p-r}	257.34^{l-p}
	$V_{80}+B_{70}$	Weedy	307.33^{m-o}	332.26^{c-i}
	$V_{80}+B_{70}$	Free weeds	331.67^{k-m}	284.88^{i-n}
70 (kg.ha^{-1})	B_{100}	Weedy	441.00^{a-d}	412.40^{ab}
	B_{100}	Free weeds	464.00^{a}	432.44^{a}
	$B_{80}+V_{20}$	Weedy	321.00^{l-o}	322.45^{e-k}
	$B_{80}+V_{20}$	Free weeds	356.67^{h-l}	324.29^{e-j}
	$B_{80}+V_{45}$	Weedy	431.67^{a-d}	376.28^{b-d}
	$B_{80}+V_{45}$	Free weeds	421.00^{b-e}	302.46^{h-m}
	$B_{80}+V_{70}$	Weedy	362.33^{h-k}	362.51^{b-f}
	$B_{80}+V_{70}$	Free weeds	345.00^{i-m}	373.50^{b-e}
	$V_{80}+B_{20}$	Weedy	84.00^{s}	178.21^{r-t}
	$V_{80}+B_{20}$	Free weeds	94.67^{s}	204.19^{q-s}
	$V_{80}+B_{45}$	Weedy	201.67^{pq}	276.31^{j-o}
	$V_{80}+B_{45}$	Free weeds	208.00^{p}	291.46^{i-n}
	$V_{80}+B_{70}$	Weedy	316.33^{m-o}	357.24^{c-g}
	$V_{80}+B_{70}$	Free weeds	324.00^{k-n}	251.17^{m-q}
		$LSD_{0.05}$	38.6	51.8

میانگین‌هایی، در هر ستون و برای هر عامل، که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

The means, in each column and for each factor, similar letters show that there is no significant difference according to the LSD test at the level of 5% probability.

کمترین (۳۳/۷ گرم) نیز در تیمار شاهد عدم مصرف نیترات آمونیوم و کشت خالص جو به‌دست آمد (شکل ۳). در مورد برهمکنش کود نیترات آمونیوم و کنترل علف هرز مشاهده شد که بیشترین وزن هزار دانه (۵۷/۴ گرم) از تیمار کاربرد ۷۰ کیلوگرم در هکتار نیترات آمونیوم و وجین علف هرز به‌دست آمد که منجر به افزایش ۱۷ درصدی نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ۴). کمترین (۴۷/۴ گرم) نیز در تیمار عدم مصرف کود نیترات آمونیوم و عدم کنترل علف هرز مشاهده شد (شکل ۴). مورفولوژی متفاوت این دو گونه در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط در به دام انداختن تشعشع خورشیدی مفید بوده که این امر در نتیجه به دلیل افزایش جذب نور، بهبود اجزای عملکرد

هر دو گونه را در مقایسه با کشت خالص به دنبال داشته است. اسدی و خرم دل (Asadi & Khorramdel, 2014) در آزمایش خود بیان کردند که بیشترین وزن صد دانه جو در کشت مخلوط جو و ماشک مربوط به تیمار ۵۰ درصد جو و ۵۰ درصد ماشک بود.

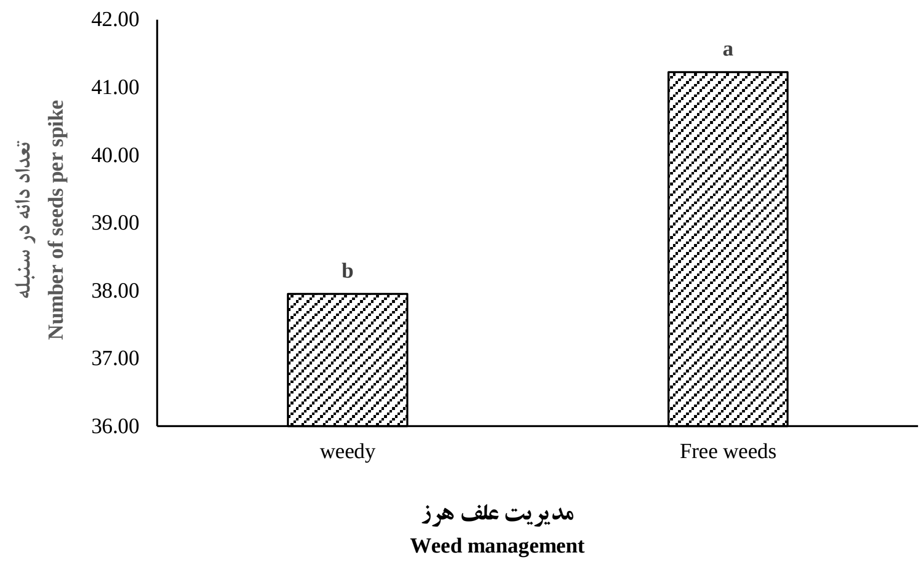


شکل ۱- برهمکنش اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط و سطوح کود نیترات آمونیوم بر تعداد دانه در سنبله

Figure 1- Interaction of different intercropping ratios and ammonium nitrate fertilizer levels on number of seeds per spike

ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند ($LSD_{0.05}$=5.14)

Columns with similar letters show that there is no significant difference based on the LSD test at the 5% probability level ($LSD_{0.05}$=5.14)

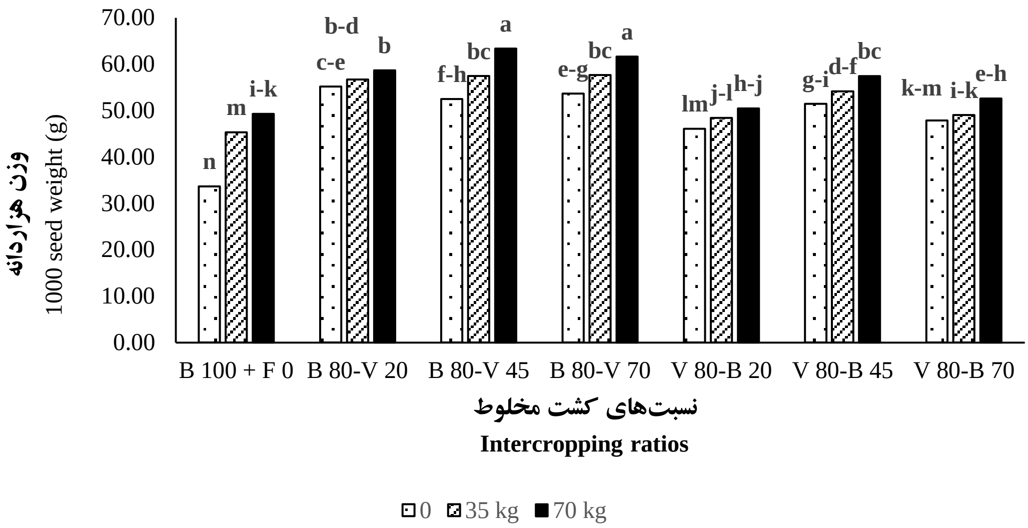


شکل۲- مقایسه اثر مدیریت علف هرز بر تعداد دانه در سنبله جو

Figure 2- The effect of weed management on the number of seeds per spike

ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند ($LSD_{0.05}$=1.59)

Columns with similar letters show that there is no significant difference based on the LSD test at the 5% probability level ($LSD_{0.05}$=1.59)

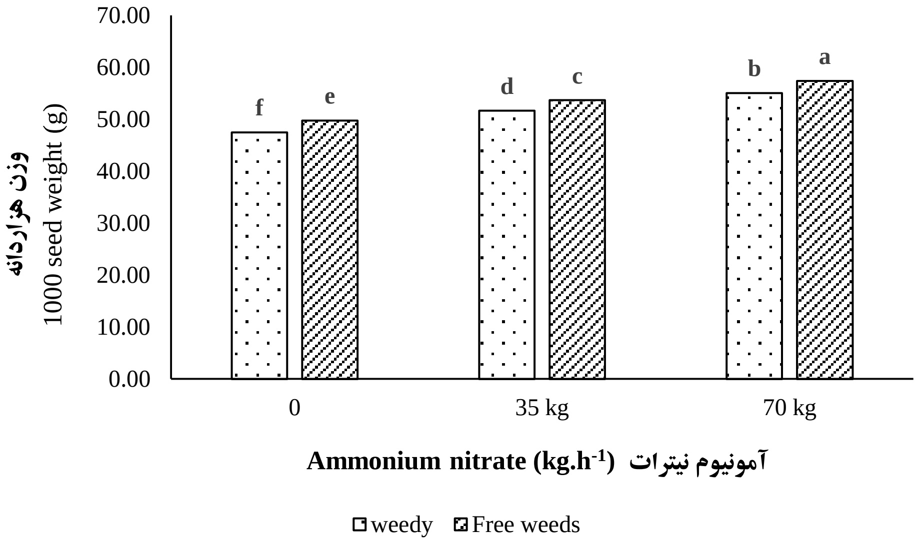


شکل ۳- اثر برهمکنش نسبت‌های مختلف کشت و سطوح مختلف نیترات آمونیوم بر وزن هزار دانه جو

Figure 3–Effect of different intercropping ratios and ammonium nitrate fertilizer levels interaction on 1000 seed weight of barley

ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند ($LSD_{0.05}$=2.57)

Columns with similar letters show that there is no significant difference based on the LSD test at the 5% probability level ($LSD_{0.05}$=2.57)



شکل ٤- اثر برهمکنش سطوح مختلف نیترات آمونیوم و مدیریت علف هرز بر وزن هزار دانه جو

Figure 4- Effect of different ammonium nitrate fertilizer levels and weed management interaction on 1000 seed weight of barley

ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند ($LSD_{0.05}$=1.37)

Columns with similar letters show that there is no significant difference based on the LSD test at the 5% probability level ($LSD_{0.05}$=1.37)

در آزمایش کهراریان و همکاران (Kahraryan *et al.*, 2018) نیز مشاهده شد که بیشترین وزن هزار دانه جو مربوط به تیمار تراکم ۶۵۰ بوته ماشک + ۳۰۰ بوته جو بود. در آزمایش آن‌ها با افزایش تراکم بوته ماشک از وزن هزار دانه جو کاسته شده است که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت. تصور می‌شود با افزایش تراکم مواد فتوسنتزی باید در تعداد بیشتری از مخازن توزیع شود و این امر

موجب کاهش وزن هزار دانه در تراکم‌های بالاتر می‌شود (Kahraryan *et al.*, 2018). در آزمایش ونگ و شانگوان (Wang & Shangguan, 2016) و همین‌طور لیو و همکاران (Luo *et al.*, 2021) گزارش شدکه کاربرد میزان مناسب کود نیتروژن منجر به افزایش وزن هزار دانه گندم در کشت مخلوط آن با باقلا (Vicia faba) شد. با این حال تصور می‌شود تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط ماشک و در اختیار قرار گرفتن آن برای جو تأثیر مثبتی در افزایش وزن هزار دانه جو داشته است.

عملکرد دانه

مطابق با نتایج تجزیه واریانس جدول ۲ مشخص شد که اثرات اصلی سطوح مختلف کود آمونیوم نیترات و نسبت‌های مختلف کشت مخلوط و برهمکنش‌های کود نیترات آمونیوم و نسبت‌های مختلف کشت مخلوط و نسبت‌های مختلف کشت مخلوط و وجین علف هرز و آمونیوم نیترات و وجین و برهمکنش سه عامل بر عملکرد دانه معنی‌دار بودند (P≤۰/۰۵). بیشترین عملکرد دانه (۴۳۲/۴۴ گرم در متر مربع) متعلق به تیمار تک‌کشتی جو، ۷۰ کیلوگرم نیترات آمونیوم و کنترل علف هرز بود که تفاوت معنی‌داری با کشت مخلوط $B_{80}+V_{45}$، ۷۰ کیلوگرم نیترات آمونیوم و کنترل علف هرز نداشت. کمترین (۱۱۴/۱۸ گرم در مترمربع) نیز در تیمار کشت مخلوط $V_{80}+B_{20}$، عدم مصرف کود و عدم کنترل علف هرز به‌دست آمد (جدول ۳). در آزمایش سلیمانپور و همکاران (Soleimanpour *et al.*, 2018) در بررسی کشت مخلوط غلات و لگوم‌ها مشاهده شد که بیشترین عملکرد در بین غلات مربوط به تک‌کشتی جو و مخلوط آن با نخود و باقلا و در حالت کنترل علف هرز بود. این محققان بیان کردند که رشد سریع و ارتفاع بلند جو و کنترل موفق علف‌های هرز توسط آن منجر به تولید عملکرد بالاتر آن شد. اگرچه عملکرد تیمارهای کشت مخلوط نسبت به تیمارهای تک‌کشتی کمتر بود، اما در برخی از موارد این اختلاف معنی‌دار نبود. محسن آبادی و همکاران (Mohsenabadi *et al.*, 2008) نیز گزارش کردند که کاربرد کود نیتروژن به‌طور معنی‌داری باعث افزایش عملکرد دانه جو در تک‌کشتی آن گردید. این محققان اظهار داشتند که جو با توانایی برتر خود در جذب نیتروژن و سیستم ریشه‌زایی قوی‌تر، توانست از منابع موجود استفاده موثرتری داشته باشد که باعث شد در تیمارهای کشت مخلوط به محصول غالب تبدیل شود. نتایج آزمایش دیگر نیز افزایش ۱۶ درصدی عملکرد گندم تحت تأثیر کود نیتروژن را در کشت مخلوط گندم و باقلا نشان داد (Wang & Shangguan, 2016).

جدول ٤- تجزیه واریانس اثرات تیمارهای مختلف بر صفات مختلف ماشک گل‌خوشه‌ای

Table 4- Variance analysis of different treatments effects on different traits of vetch

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	وزن صد دانه 100 seed weight	عملکرد دانه Grain yield
بلوک Block	2	0.42^{ns}	33.29**	167.77**
کود آمونیوم نیترات Ammonium nitrate fertilizer (A)	2	3.049*	102**	6887.72**
Error main خطای اصلی	4	0.239	0.57	1.13
نسبت‌های کشت مخلوط Intercropping ratios (B)	6	3.016**	48.95**	16727.43**
مدیریت علف هرز Weed management (C)	1	0.888**	29.87**	1279.83**
A × B	12	0.05**	5.45*	654.38**
A × C	6	0.01^{ns}	1.45^{ns}	39.75^{ns}
B × C	2	0.0003^{ns}	3.8^{ns}	61.76^{ns}
A × B × C	12	0.04**	1.33^{ns}	165.88*
خطای فرعی Error sub	78	0.016	2.71	87.02
ضریب تغییرات (C.V)		3.8	4.5	10.9

ns, *, **به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطوح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

ns, *,** are non significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively

جدول ۵- اثر متقابل سه‌گانه تیمارهای مختلف بر صفات مختلف ماشک گل‌خوشه‌ای

Table 5- The triple interaction of different treatments on different traits of vetch

کود نیترات آمونیوم Ammonium nitrate fertilizer	نسبت‌های کشت مخلوط Intercropping ratios	مدیریت علف هرز Weed management	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	عملکرد دانه Grain yield ($g.m^{-2}$)
کود صفر 0	$B_{80}+V_{20}$	Weedy	2.17^{s}	42.16^{s}
	$B_{80}+V_{20}$	Free weeds	2.31^{s}	49.07^{rs}
	$B_{80}+V_{45}$	Weedy	2.66^{r}	48.19^{rs}
	$B_{80}+V_{45}$	Free weeds	2.87^{pq}	50.14^{q-s}
	$B_{80}+V_{70}$	Weedy	3.08^{m-o}	53.51^{o-s}
	$B_{80}+V_{70}$	Free weeds	3.17^{k-o}	64.83^{m-q}
	V_{100}	Weedy	3.36^{h-k}	97.14^{g-i}
	V_{100}	Free weeds	3.66^{b-d}	104.11^{f-h}
	$V_{80}+B_{20}$	Weedy	3.41^{e-j}	91.14^{h-j}
	$V_{80}+B_{20}$	Free weeds	3.57^{b-f}	98.12^{g-i}
	$V_{80}+B_{45}$	weedy	3.22^{j-o}	96.14^{g-i}
	$V_{80}+B_{45}$	Free weeds	3.25^{j-n}	88.07^{i-l}
	$V_{80}+B_{70}$	Weedy	3.11^{mn}	63.17^{n-r}
	$V_{80}+B_{70}$	Free weeds	3.33^{g-k}	79.12^{j-m}
۳۵ کیلوگرم 35 kg	$B_{80}+V_{20}$	Weedy	2.55^{r}	44.87^{s}
	$B_{80}+V_{20}$	Free weeds	2.72^{qr}	48.06^{rs}
	$B_{80}+V_{45}$	Weedy	3.02^{op}	51.17^{rs}
	$B_{80}+V_{45}$	Free weeds	3.09^{m-o}	66.36^{m-o}
	$B_{80}+V_{70}$	Weedy	3.33^{g-k}	73.17^{mn}
	$B_{80}+V_{70}$	Free weeds	3.48^{d-h}	64.32^{m-q}
	V_{100}	Weedy	3.71^{bc}	117.51^{d-f}
	V_{100}	Free weeds	4.00^{a}	123.12^{c-e}
	$V_{80}+B_{20}$	Weedy	3.64^{b-d}	114.14^{d-f}
	$V_{80}+B_{20}$	Free weeds	4.00^{a}	117.13^{d-f}
	$V_{80}+B_{45}$	weedy	3.30^{h-l}	88.17^{i-l}
	$V_{80}+B_{45}$	Free weeds	3.36^{g-k}	108.11^{e-g}
	$V_{80}+B_{70}$	Weedy	3.38^{f-j}	84.15^{i-l}
	$V_{80}+B_{70}$	Free weeds	3.46^{d-i}	75.18^{k-n}
۷۰ کیلوگرم 70 kg	$B_{80}+V_{20}$	Weedy	3.06^{n-p}	52.71^{o-s}
	$B_{80}+V_{20}$	Free weeds	3.16^{k-o}	65.48^{m-p}
	$B_{80}+V_{45}$	Weedy	3.17^{k-o}	63.04^{n-r}
	$B_{80}+V_{45}$	Free weeds	3.27^{i-m}	60.48^{n-r}
	$B_{80}+V_{70}$	Weedy	3.53^{b-g}	65.12^{m-q}
	$B_{80}+V_{70}$	Free weeds	3.62^{b-e}	66.46^{n-o}
	V_{100}	Weedy	4.03^{a}	146.32^{ab}
	V_{100}	Free weeds	4.11^{a}	161.47^{a}
	$V_{80}+B_{20}$	Weedy	4.04^{a}	134.14^{bc}
	$V_{80}+B_{20}$	Free weeds	4.08^{a}	153.51^{a}
	$V_{80}+B_{45}$	Weedy	3.43^{e-j}	124.17^{cd}
	$V_{80}+B_{45}$	Free weeds	4.03^{a}	126.49^{cd}
	$V_{80}+B_{70}$	Weedy	3.51^{c-h}	74.13^{k-n}
	$V_{80}+B_{70}$	Free weeds	3.72^{b}	88.47^{i-k}
		$LSD_{0.05}$	0.207	15.2

میانگین‌هایی، در هر ستون و برای هر عامل، که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

The means, in each column and for each factor, similar letters show that there is no significant difference according to the LSD test at the level of 5% probability.

ماشک

تعداد دانه در غلاف

از نتایج این آزمایش مشخص شد که اثر اصلی نیترات آمونیوم و اثرات اصلی نسبت‌های مختلف کشت و مدیریت علف‌های هرز و برهمکنش نسبت‌های مختلف کشت و نیترات آمونیوم و برهمکنش سه عامل بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار بودند ($P\leq0/05$) (جدول ۴). بیشترین تعداد دانه در غلاف (۴/۱۱) مربوط به تیمار تک‌کشتی ماشک کاربرد ۷۰ کیلوگرم در هکتار نیترات آمونیوم و کنترل علف

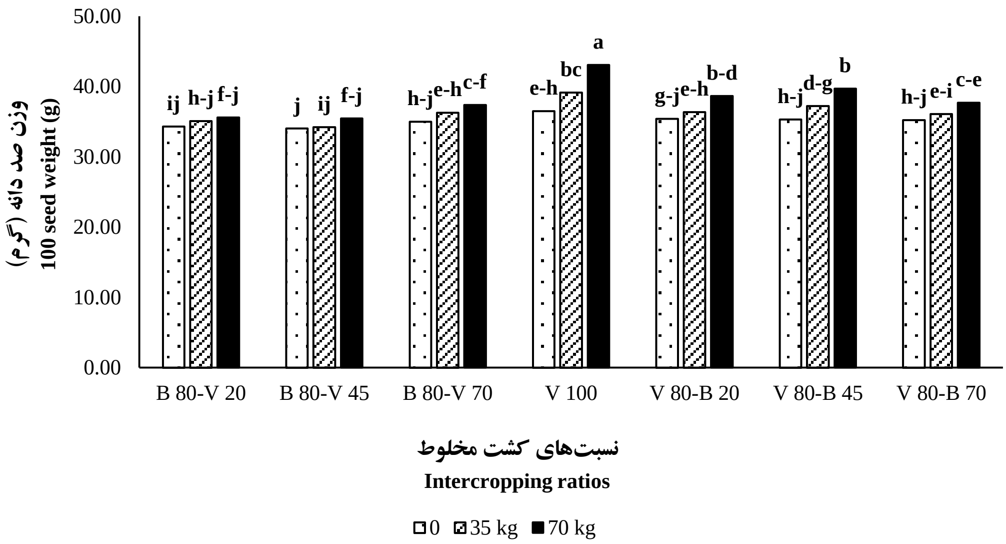
هرز بود که تفاوت معنی‌داری با تیمار کشت مخلوط $V_{80}+B_{20}$ کاربرد ۷۰ کیلوگرم در هکتار نیترات آمونیوم و کنترل علف هرز نداشت. کمترین نیز با ۲/۱۷ دانه در غلاف در تیمار $B_{80}+V_{20}$ عدم کاربرد کود و عدم کنترل علف هرز مشاهده شد (جدول ۵). تیمار بیشترین تعداد دانه در غلاف منجر به افزایش ۴۷/۲۰ درصدی نسبت به تیمار کمترین تعداد دانه در غلاف شد.

در آزمایش حمزه‌ای و همکاران (Hamzei *et al.*, 2012) مشاهده شد که در تمامی تیمارهای الگوی کشت نخود و جو تعداد دانه در غلاف نخود در تیمارهای حضور علف هرز کمتر از حالت کنترل علف هرز بود. از سوی دیگر در نتایج آزمایش این محققان گزارش شد که در تیمارهای عدم حضور علف هرز و الگوی کشت ۱۰۰ درصد نخود و جو و ۱۰۰ نخود و ۷۵ درصد جو بیشترین میزان تعداد دانه در غلاف را در نخود تولید کردند. در آزمایش حاضر مشاهده شد در تیمارهایی مانند $V_{80}+B_{20}$ و مصرف ۷۰ کیلوگرم نیترات آمونیوم و $V_{80}+B_{20}$ و عدم مصرف کود در شرایط حضور علف هرز تعداد دانه در غلاف نسبت به تک‌کشتی آن‌ها در شرایط حضور علف بیشتر بود. این موضوع نشان‌دهنده‌ی کنترل بهتر علف‌های هرز و در نتیجه استفاده بیشتر از کود در حضور علف‌های هرز در این تیمارهای مخلوط نسبت به تک‌کشتی آن‌ها در حضور علف هرز می‌باشد.

محققان زیادی برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشت را در کنترل علف هرز و جذب عناصر گزارش داده‌اند (Azizi *et al.*, 2018; Gu *et al.*, 2021).

وزن صد دانه

اثرات اصلی نسبت‌های مختلف کشت، کود نیترات آمونیوم و کنترل علف هرز و برهمکنش نیترات آمونیوم و نسبت‌های مختلف کشت بر وزن صد دانه ماشک معنی‌دار بودند ($P\leq$۰/۰۵) (جدول ۴). بیشترین وزن صد دانه (۴۳/۰۵ گرم) در تیمار تک‌کشتی ماشک و کاربرد ۷۰ کیلوگرم در هکتار نیترات آمونیوم و کمترین (۳۴/۰۴ گرم) نیز در تیمار کشت مخلوط $B_{80}+V_{45}$ و عدم کاربرد کود نیترات آمونیوم به‌دست آمد که تیمار بیشترین وزن صد دانه منجر به افزایش ۲۰/۹۲ درصدی نسبت به تیمار کمترین وزن صد دانه شد (شکل ۵). همچنین تیمار کنترل علف هرز دارای بیشترین وزن صد دانه (۳۷ گرم) بود که منجر به افزایش ۲/۴۳ درصدی نسبت به تیمار عدم کنترل علف هرز شد. کمترین وزن صد دانه (۳۶/۱ گرم) نیز با تیمار عدم کنترل علف هرز به‌دست آمد (شکل ۶).



شکل ۵- اثر برهمکنش نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با جو و سطوح مختلف نیترات آمونیوم بر وزن صد دانه ماشک گل‌خوشه‌ای

Figure 5- Effect of different intercropping ratios with barley and ammonium nitrate fertilizer levels interaction on 100 seed weight of vetch

ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند ($LSD_{0.05}$=1.89)

Columns with similar letters show that there is no significant difference based on the LSD test at the 5% probability level ($LSD_{0.05}$=1.89)



شکل ٦- اثر مدیریت علف هرز بر وزن صد دانه ماشک گل‌خوشه‌ای
Figure 6- Effect of weed management on 100 seed weight of vetch
ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند ($LSD_{0.05}$=0.583)
Columns with similar letters show that there is no significant difference based on the LSD test at the 5% probability level ($LSD_{0.05}$=0.583)

کهراریان و همکاران (Kahraryan *et al.*, 2021) گزارش دادند که صفات ژنتیکی نسبت به عوامل محیطی بر وزن هزار دانه مؤثرتر می‌باشند. در شرایط نرمال، دریافت نور بیشتر و دسترسی بیشتر به آب، مواد مغذی و تابش خورشیدی در تک‌کشتی ماشک ممکن است باعث عملکرد بالای فتوسنتز شود و در پی آن اجزای عملکرد را بهبود بخشد. در بررسی کشت مخلوط ماشک و آفتابگردان در آزمایش جلیلیان و همکاران (Jalilian *et al.*, 2017) نشان داده شد که بیشترین وزن هزار دانه ماشک مربوط به تیمار تک‌کشتی ماشک و سیستم کشاورزی پرنهاده شامل کاربرد نیتروژن و کنترل علف هرز بود. از سوی دیگر افزایش وزن هزار دانه ماشک در تک‌کشتی آن را می‌توان به تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط ماشک و استفاده از آن بدون وجود رقابت با جو در این تیمار دانست. بلل و همکاران (Belel *et al.*, 2014) نیز گزارش دادند که کاهش در اجزای عملکرد در شرایط کشت مخلوط می‌تواند به دلیل رقابت بر سر رطوبت، مواد مغذی و تشعشع خورشیدی باشد.

عملکرد دانه

در این آزمایش مشاهده شد که اثرات اصلی نیترات آمونیوم، نسبت‌های مختلف کشت و کنترل علف هرز و برهمکنش نسبت‌های مختلف کشت و کود نیترات آمونیوم در سطح یک درصد بر عملکرد معنی‌دار بودند. همچنین برهمکنش سه عامل در سطح پنج درصد بر این صفت معنی‌دار بودند (جدول ۴). بیشترین عملکرد دانه (۱۶۱/۴۷ گرم در مترمربع) در تیمار تک‌کشتی ماشک و کاربرد ۷۰ کیلوگرم نیترات آمونیوم و کنترل علف هرز به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار کشت مخلوط $V_{80}+B_{20}$ کاربرد ۷۰ کیلوگرم نیترات آمونیوم و کنترل علف هرز نداشت (جدول ۵). کمترین عملکرد دانه (۴۲/۱۶ گرم) نیز در تیمار $B_{80}+V_{20}$ عدم کاربرد کود و عدم کنترل علف هرز مشاهده شد. تیماری که بیشترین عملکرد دانه را تولید کرد منجر به افزایش ۷۳/۸۸ درصدی نسبت به تیماری گردید که کمترین میزان عملکرد دانه را تولید کرد. با افزایش تراکم جو از عملکرد ماشک کاسته شد. به نظر می‌رسد که گیاه ماشک قادر به رشد پاپای، در کشت مخلوط با گیاه جو نیست و نمی‌تواند همگام با جو به رشد و توسعه اندام‌های رویشی و زایشی خود بپردازد. شاید یکی از دلایل کاهش عملکرد دانه ماشک در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص به خاطر کاهش فضای لازم برای رشد و به دنبال آن رقابت به خاطر آب، مواد غذایی و نور باشد.

کهراریان و همکاران (Kahraryan *et al.*, 2018) گزارش دادند که در بررسی کشت مخلوط جو و ماشک بالاترین عملکرد ماشک مربوط به تیمار تک‌کشتی ماشک بود. احمدی و همکاران (Ahmadi *et al.*, 2010) نیز در آزمایش خود بیان داشتند که نتایج به‌دست‌آمده نشان‌دهنده‌ی مغلوبیت ماشک گل خوشه‌ای در مخلوط با جو، به‌ویژه در کشت مخلوط افزایشی می‌باشد. در این آزمایش گیاه ماشک گل خوشه‌ای گیاه مغلوب بوده و بیشترین میزان عملکرد آن متعلق به تک‌کشتی و کمترین آن متعلق به تیمار افزایشی ۱۰۰:۱۵ می‌باشد. در

آزمایش محسن آبادی و همکاران (Mohsenabadi *et al.*, 2008) نیز بیشترین عملکرد دانه ماشک در تیمار تک‌کشتی ماشک و افزایش سطح کود نیتروژن تا ۹۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghadam *et al.*, 2009) در بررسی کشت مخلوط ماشک و سیاهدانه (*Nigella sativa*) در شرایط کنترل و عدم کنترل علف هرز افزایش عملکرد ماش را در تیمار تک‌کشتی ماش و در شرایط کنترل علف هرز گزارش دادند. این محققان اظهار داشتند که چنانچه ماشک در کشت مخلوط همراه با گیاهی قرار گیرد که از پتانسیل بیشتری در اشغال فضای کانوپی برخوردار باشد باید در تعداد ردیف‌های بیشتری در کشت مخلوط قرار گیرد تا بتواند عملکرد قابل قبولی را داشته باشد. اما چنانچه ماش در مخلوط با گیاهی قرار گیرد که فرم بوته‌ای برابر و یا محدودتری داشته باشد، قادر خواهد بود حتی در ردیف‌های متفاوت نیز عملکرد مطلوبی تولید نماید.

وزن خشک علف هرز

علف‌های هرز رایج در مزرعه آزمایشی شامل یولاف وحشی، چچم، علف پشمکی، دم روباهی، خردل وحشی، خارلته، خاکشیر تلخ، سوروف و گل گندم بود و خصوصیات آن‌ها شامل فرم رویشی، سیکل رویشی، مسیر فتوسنتزی و نوع برگ در جدول ۶ ارائه گردید.

جدول ٦- علف‌های هرز رایج در مزرعه و خصوصیات آن‌ها

Table 6- Common weeds in the experimental field and their characteristics

نام گونه Common name	نام فارسی Persian name	نام علمی Scientific name	نام تیره Family	فرم رویشی Vegetative form	سیکل رویشی Vegetative cycle	مسیر فتوسنتزی Photosynthetic pathway	نوع برگ Leaf
Wild oat	یولاف وحشی	*Avena fatua*	Poaceae	تک‌لپه	یک‌ساله	C_3	باریک برگ
Darnel ryegrass	چچم	*Lolium temulentum*	Poaceae	تک‌لپه	یک‌ساله	C_3	باریک برگ
Bromus	علف پشمکی	*Bromus tectorum*	Poaceae	تک‌لپه	یک‌ساله	C_3	باریک برگ
Foxtail	دم روباهی	*Alopecurus myosuroides*	Poaceae	تک‌لپه	یک‌ساله	C_3	باریک برگ
Wild mustard	خردل وحشی	*Sinapis arvensis*	Brassicaceae	دولپه	یک‌ساله	C_3	پهن برگ
Creeping thistle	خارلته	*Cirsium arvense*	Asteraceae	دولپه	چندساله	C_3	پهن برگ
London rocket	خاکشیر تلخ	*Sisymbrium irio*	Brassicaceae	دولپه	یک‌ساله	C_3	پهن برگ
Barnyard grass	سوروف	*Echinochloa crus-galli*	Poaceae	تک‌لپه	یک‌ساله	C_4	باریک برگ
Cornflower	گل گندم	*Centaurea cyanus*	Asteraceae	دولپه	یک‌ساله	C_3	پهن برگ

مطابق با نتایج تجزیه واریانس اثر کاربرد نیترات آمونیوم و نسبت‌های کشت در سطح یک درصد بر وزن خشک علف‌های هرز معنی‌دار بود (جدول ۷). بیشترین میزان وزن خشک در تیمار تک‌کشتی ماشک و کاربرد ۷۰ کیلوگرم در هکتار کود نیترات آمونیوم به میزان ۲۳۱/۶۲ گرم مشاهده شد (شکل ۷). کمترین میزان علف هرز نیز در تیمار نسبت‌های کشت $V_{80}+B_{70}$ و عدم کاربرد نیترات آمونیوم به میزان ۳۸/۸۳ گرم به‌دست آمد (شکل ۷). این تیمار منجر به کاهش درصدی ۸۳/۴۲ وزن خشک علف هرز نسبت به تیمار تک‌کشتی ماشک و کاربرد ۷۰ کیلوگرم در هکتار کود نیترات آمونیوم شد. در این آزمایش با افزایش تراکم دو گیاه در کشت مخلوط افزایشی $V_{80}+B_{70}$ فضای کمتری برای رشد علف‌های هرز ایجاد کردند و درنتیجه رشد علف‌های هرز در این تیمار کمتر بود. نظری و همکاران (Nazari *et al.*, 2012) نیز کاهش معنی‌دار زیست‌توده علف‌های هرز را در کشت مخلوط افزایش ماش و ذرت گزارش نمودند و علت آن را تراکم بالای گیاهان زراعی و تولید بیشتر زیست‌توده آن‌ها در نتیجه افزایش توان رقابتی آن‌ها با علف هرز را ذکر نمودند. در آزمایش نصیری (Nasiri, 2020) مشاهده شد که کشت خالص گشنیز (*Coriandrum sativum*) و ماشک دارای بیشترین میزان وزن خشک علف‌های هرز بودند و کشت مخلوط این دو گیاه به‌ترتیب منجر به کاهش ۱۴/۲ و ۹/۲ درصدی وزن خشک علف‌های هرز نسبت به تیمارهای تک‌کشتی گشنیز و ماشک گل خوشه‌ای شدند. کشت مخلوط به دلیل ایجاد تنوع در بعد زمان و مکان، می‌تواند به‌عنوان یک عامل ارگانیک در مدیریت علف‌های هرز به‌شمار آید و این نوع مدیریت علف‌های هرز را می‌توان با دستکاری تعادل رقابتی بین گیاهان زراعی و علف هرز ایجاد کرد (Azizi *et al.*, 2018). در آزمایش عزیزی و همکاران (Azizi *et al.*, 2018) نیز کمترین میزان علف هرز در تیمار کشت مخلوط ۷۰:۱۰۰ جو و ماشک مشاهده شد. در این آزمایش مشاهده شد که کاربرد نیترات

آمونیوم بیشتر در تک‌کشتی ماشک منجر به افزایش وزن خشک علف‌های هرز گردید. افضلی هرسینی و همکاران (Afzali Harsini *et al.*, 2016) نیز گزارش دادند که کاربرد کود نیتروژن منجر به افزایش زیست‌توده علف‌های هرز می‌گردد، این موضوع بیانگر تاثیر کود نیتروژن بر رشد و نمو علف‌های هرز است.

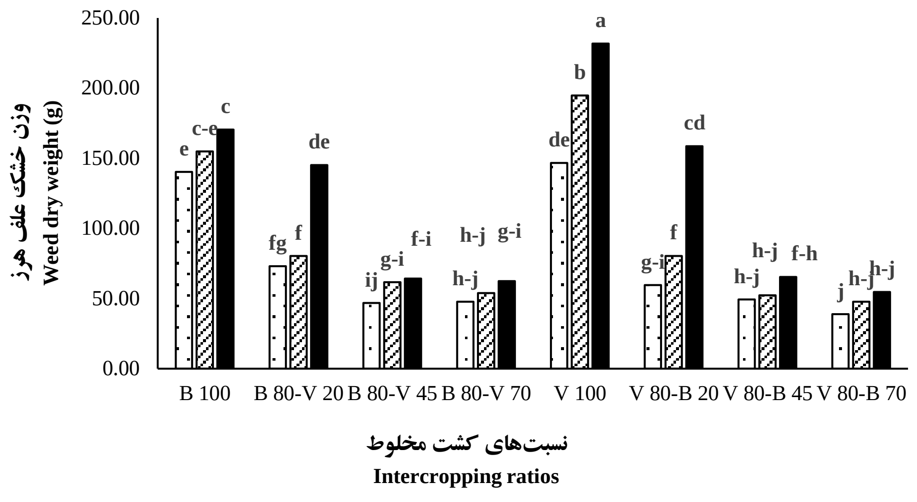
جدول ۷- جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات) وزن خشک علف هرز در شرایط نسبت‌های مختلف کشت و سطوح مختلف کود نیترات آمونیوم

Table 7- Variance analysis of weed dry weight in different intercropping ratios and ammonium nitrate fertilizer levels conditions

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean square
بلوک Block	2	11.81^{ns}
کود آمونیوم نیترات (A) Ammonium nitrate fertilizer (A)	2	11907.62**
خطای اصلی Error main	4	90.99
نسبت‌های کشت مخلوط (B) Intercropping ratios (B)	7	25367.44**
A × B	14	1148.87**
خطای فرعی Errorsub	42	86.50
ضریب تغییرات (C.V)		9.8

ns, *, **به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطوح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

ns, *,** are non significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively



شکل ۷- اثر متقابل نسبت‌های مختلف کشت و سطوح مختلف کود آمونیوم نیترات بر وزن خشک علف هرز

Figure 7–Effect of different intercropping ratios and ammonium nitrate fertilizer levels interaction on weed dry weight

ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند ($LSD_{0.05}$=15.3)

Columns with similar letters show that there is no significant difference based on the LSD test at the 5% probability level ($LSD_{0.05}$=15.3)

نسبت برابری زمین (Land equivalent ratio)

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی کود نیترات آمونیوم و نسبت‌های کشت بر شاخص نسبت برابری زمین (LER) معنی‌دار بود (P≤۰/۰۱) (جدول ۸). اثرات دوگانه کود نیترات آمونیوم و

نسبت‌های کشت، کود نیترات آمونیوم و مدیریت علف هرز و نسبت‌های کشت و مدیریت علف هرز و برهمکنش سه عامل بر LER معنی‌دار بود (جدول ۸). با توجه به نتایج مقایسه میانگین مشخص شد که بیشترین میزان LER (۱/۶۸) مربوط به تیمار $V_{80}+B_{70}$ و عدم کاربرد کود نیترات آمونیوم و در شرایط کنترل علف هرز می‌باشد که تفاوت معنی‌داری با تیمار $V_{80}+B_{45}$ و عدم مصرف کود و عدم کنترل علف هرز نداشت (جدول ۹). کمترین میزان LER (۱/۰۷) نیز در تیمار $B_{80}+V_{45}$ و مصرف ۷۰ کیلوگرم در هکتار نیترات آمونیوم و کنترل علف هرز مشاهده شد (جدول ۹). به نظر می‌رسد وجود ماشک با توانایی بالای تثبیت نیتروژن حتی بیشتر از حالت مصرف کود در بهره‌وری محصول مؤثر می‌باشد. به نظر می‌رسد مصرف کود با وجود کاربرد ماشک (تثبیت نیتروژن توسط این گیاه) در کشت منجر به عدم مصرف کود توسط گیاهان زراعی گردیده و با آبیاری از دسترس گیاه خارج شده است. همچنین عدم تفاوت LER در شرایط کنترل و عدم کنترل علف هرز نشان‌دهنده‌ی کارایی بالای کشت مخلوط افزایشی در کنترل علف هرز می‌باشد. همچنین می‌توان گفت در تیمارهای مختلف، مصرف کود بیشتر به نفع علف‌های هرز بوده تا گیاهان زراعی و به همین دلیل در تیمارهایی که کود نیترات آمونیوم مصرف نشده است میزان رشد علف‌های هرز کمتر بوده که منجر به افزایش LER شده است. با این‌حال تمام تیمارهای کشت مخلوط دارای LER بیشتر از یک بودند (جدول ۹) که نشان‌دهنده‌ی توانایی بالای کشت‌های مخلوط با نسبت‌های مختلف کشت در بهره‌وری زمین نسبت به تک‌کشتی می‌باشد. عزیزی و همکاران (Azizi *et al.*, 2018) در آزمایش خود نشان دادند که بیشترین میزان LER در تیمار ۱۰۰:۱۰۰ (جو و ماشک) مشاهده شد. این محققان اظهار داشتند که مشخص شد که سهم جو در دیگر تیمارها در افزایش LER کمتر از سهم ماشک است و ماشک به‌عنوان جزئی قوی در همزیستی با جو و در راستای تولید محصول با بهره‌برداری از زمین و عامل‌های محیطی قلمداد شد. در آزمایش اکبری و همکاران (Akbari *et al.*, 2014) گزارش شد که در بررسی مخلوط تریتیکاله× ماشک× علف هرز، نسبت دانه ۵۰ × ۵۰ × آلوده به علف هرز، بیشترین میزان LER را داشت که نشان‌دهنده‌ی برتری این ترکیب در تولید محصول بوده است که تأییدکننده نتایج این آمایش می‌باشد. در آزمایش محسن آبادی و همکاران (Mohsenabadi *et al.*, 2008) نیز گزارش شد که با افزایش سطوح کود نیتروژن نسبت برابری زمین برای عملکرد علوفه و دانه کاهش یافت که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. این محققان اظهار داشتند که کشت مخلوط باعث کارایی بیشتر استفاده از منابع و کاهش استفاده از کود نیتروژن شد.

جدول ۸- تجزیه واریانس تیمارهای مختلف برای شاخص LER

Table 8- Variance analysis of different treatments effects on LER index

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	LER
بلوک Block	2	0.004^{ns}
کود آمونیوم نیترات (A) Ammonium nitrate fertilizer (A)	2	0.24**
خطای اصلی Error main	4	0.008
نسبت‌های کشت مخلوط (B) Intercropping ratios (B)	5	0.14**
مدیریت علف هرز (C) Weed management	1	0.00005^{ns}
A × B	10	0.04**
A × C	2	0.06**
B × C	5	0.02^{ns}
A × B × C	10	0.03**
خطای(فرعی) Error sub	66	0.01
ضریب تغییرات (C.V)		7.96

ns, *, **به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطوح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

ns, *,** are non significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively

جدول ۹- اثرات متقابل سه‌گانه کود، نسبت‌های مختلف کشت مخلوط و مدیریت علف هرز بر شاخص LER

Table 9- Triple interactions of fertilizer levels, different intercropping ratios and weed management on LER index

مدیریت علف هرز weed management	نسبت‌های کشت مخلوط Intercropping ratios	کود آمونیوم نیترات Ammonium nitrate fertilizer		
		0	**35 kg**	**70 kg**
عدم وجین weedy	$B_{80}+V_{20}$	1.21^{l-p}	1.23^{k-p}	1.14^{n-p}
	$B_{80}+V_{45}$	1.43^{c-j}	1.39^{d-l}	1.34^{g-l}
	$B_{80}+V_{70}$	1.44^{b-j}	1.54^{a-e}	1.33^{g-m}
	$V_{80}+B_{20}$	1.26^{j-o}	1.35^{f-l}	1.35^{f-l}
	$V_{80}+B_{45}$	1.62^{ab}	1.42^{c-j}	1.52^{a-f}
	$V_{80}+B_{70}$	1.51^{a-g}	1.62^{ab}	1.37^{e-l}
وجین Free weeds	$B_{80}+V_{20}$	1.49^{b-h}	1.32^{h-n}	1.16^{m-p}
	$B_{80}+V_{45}$	1.50^{a-g}	1.57^{a-d}	1.07^{p}
	$B_{80}+V_{70}$	1.53^{a-e}	1.40^{c-k}	1.28^{i-o}
	$V_{80}+B_{20}$	1.28^{j-o}	1.36^{e-l}	1.42^{c-j}
	$V_{80}+B_{45}$	1.48^{b-h}	1.58^{a-c}	1.46^{b-i}
	$V_{80}+B_{70}$	1.68^{a}	1.37^{e-l}	1.13^{op}
	$LSD_{0.05}$		0.181	

میانگین‌هایی، در هر ستون و برای هر عامل، که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

The means, in each column and for each factor, similar letters show that there is no significant difference according to the LSD test at the level of 5% probability

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده از آزمایش نشان داد که تمامی سیستم‌های مختلف کشت مخلوط جو و ماشک گل‌خوشه‌ای دارای نسبت برابری زمین بالاتر از یک بودند و در بین تیمارها، کشت مخلوط $V_{80}+B_{70}$، عدم کاربرد کود و وجین علف هرز دارای بیشترین میزان LER بود که نشان‌دهنده‌ی برتری کشت‌های مخلوط نسبت به کشت‌های خالص در بهره‌وری از زمین و تولید محصول می‌باشد. همچنین در تمامی تیمارهای کشت مخلوط، میزان وزن خشک علف‌های هرز کمتر از تک‌کشتی‌های ماشک و جو بود. در بین تیمارهای کشت مخلوط تیمار $V_{80}+B_{70}$ به همراه عدم مصرف کود در کاهش وزن خشک علف‌های هرز موفق‌تر از سایر تیمارها بود. بیشترین عملکرد دانه جو به تک‌کشتی جو، ۷۰ کیلوگرم نیترات آمونیوم و کنترل علف هرز تعلق داشت و تفاوت معنی‌داری با کشت مخلوط $B_{80}+V_{45}$، ۷۰ کیلوگرم نیترات آمونیوم و کنترل علف هرز نداشت و در ماشک نیز بیشترین عملکرد دانه در تیمار تک‌کشتی ماشک و کاربرد ۷۰ کیلوگرم نیترات آمونیوم و کنترل علف هرز مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار کشت مخلوط $V_{80}+B_{20}$ کاربرد ۷۰ کیلوگرم نیترات آمونیوم و کنترل علف هرز نداشت. نتایج این آزمایش نشان از توانایی بالای کشت مخلوط در جذب منابع و کاهش میزان وزن خشک علف‌های هرز و در نتیجه افزایش عملکرد داشت. در بسیاری از نسبت‌های کشت مخلوط تفاوت چندانی در عملکرد دانه در حالت وجین و عدم وجین داشت که نشان‌دهنده توانایی این سیستم‌های کشت در سرکوب علف‌های هرز نسبت به تک‌کشتی می‌باشد.

References

1. Afzali Harsini, S., Taghizadeh, M. S., Behpoori, A., & faramarzi, F. (2016). *Weed management in wheat using genotypes intercropping and nitrogen fertilizer*. 2nd international and 14th national Iranian crop science congress. Aug. 30- Sep. 1, 2016. University of Guilan, Rasht. Iran. (in Persian).
2. Agegnehu, G., Ghizaw, A., & Sinebo, W. (2008). Yield potential and land-use efficiency of wheat and faba bean mixed intercropping. *Agronomy for Sustainable Development*, *28*, 257-263. https://doi.org/10.1051/agro:2008012
3. Ahmadi, A., Dabbagh Mohammdi Nasab, A., Zehtab Salmasi, S., Amini, R., & Janmohammadi, H. (2010). Evaluation of yield and advantage indices in barley and vetch intercropping. *Agricultural science and sustainable Production*, *20*(4), 77- 87. (in Persian).
4. Akbari, N., Daraeimofrad, A. R., Hosseinian, S. H., Zaremanesh, H., & Kakoolvand, E. (2014). *The effect of the different densities of intercropping triticale and common vetch on the hay yield of crops and weed populations under dryland conditions*. The first Conference on new findings on the environment and agricultural ecosystem. Tehran University, the Institute of energy and environment. 523. (in Persian).
5. Arshad, M., & Ranamukhaarachchi, S. L. (2012). Effects of legume type, planting pattern and time of establishment on growth and yield of sweet sorghum-legume intercropping. *Australian Journal of Crop Science*, *6*,

1265-1274.

6. Asadi, Gh. A., & Khorramdel, S. (2014). Effects of different ratio of barley and hairy vetch intercropping on yield, plant nitrogen content, weed population and diversity. *European Journal of Clinical Pharmacology*, *7*(1), 131-156. (in Persian).
7. Azizi, K. H., Daraeimofrad, A. R., Nasiri, B., & Feizian, M. (2018). Estimation of the effect of intercropping on hay production and efficiency indices of vetch (*Vicia narbonensis* L.) and barley (*Hordeum velgare* L.) in weeds interference. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *49*(3), 13-23. (in Persian). https://doi.org/10.22059/ijfcs.2017.219998.654214
8. Barker, S., & Dennett, M. D. (2013). Effect of density, cultivar and irrigation on spring sown monocrops and intercrops of wheat (*Triticum aestivum* L.) and faba beans (*Vicia faba* L.). *European Journal of Agronomy*, *51*, 108-116. https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.08.001
9. Bedoussac, L., Journet, E. P., Hauggaard-Nielsen, H., Naudin, C., Corre-Hellou, G., Jensen, E. S., Prieur, L., & Justes, E. (2015). Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA*, *35*(3), 911-935. https://doi.org/10.1007/s13593-014-0277-7
10. Belel, M. D., Halim, R. A., Rafii, M. Y., & Saud, H. M. (2014). Intercropping of corn with some selected legumes for improved forage production: a review. *Journal of Agricultural Science*, *6*, 48-62. https://doi.org/10.5539/jas.v6n3p48
11. BenYoussef, S., Kachout, S. S., Abidi, S., Saddem, B., Ismail, J., & Salem, H. B. (2019). Effect of different levels of nitrogen fertilization on forage yields and quality of hairy vetch (*Vicia villosa*, Roth) triticale (*Xtritcosecale*, Witmack) mixtures. *The Open Agriculture Journal*, *13*, 90-100. https://doi.org/10.2174/1874331501913010090
12. Chapagain, T., & Riseman, A. (2014). Barley–pea intercropping: Effects on land productivity, carbon and nitrogen transformations. *Field Crops Research*, *166*, 18-25. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.06.014
13. Elhaminejad, M., Rahimian Mashhadi, H., & Oveisi, M. (2021). Effect of planting density and imaztapir dose on weed control in the intercropping of standing and climbing red bean cultivars. *Iranian Journal of Weed Science*, *17*(1), 43-56. (in Persian). https://doi.org/10.22092/ijws.2020.127727.1348
14. Fernandez-Aparicio, M., Emeran, A. A., & Rubiales, D. (2008). Control of Orobanch ecrenata in legumes intercropped with fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*). *Crop Protection*, *27*, 653-659. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2007.09.009
15. Gbanguba, A. U., Daniya, E., Kolo, M. G. M., Ibrahim, P. A., Ismaila, U., & Umar, A. (2020). Effects of pre-rice cassava/legume intercrops and weed management practices on weed dynamics and yield of low land rice in Badeggi, Nigeria. *African Journal of Agricultural Research*, *16*(6), 829-842. https://doi.org/10.5897/AJAR2019.14190
16. Gliessman, S. R. (1990). *Agroecology: Researching the Ecological Basis for Sustainable Agriculture*. Springer-Verlag, New York 380 pp. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3252-0_1
17. Gu, G., Bastiaans, L., Anten. N. P. R., & Makowski, D. (2021). Annual intercropping suppresses weeds: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *322*, 107658. https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107658
18. Habibi, S. D., Kashani, A., Paknejad, F., Jafari, H., Jami Al-Ahmadi, M., Tookalloo, M. R., & Lamei, J. (2010). Evaluation of hairy vetch (*Vicia villosa* Roth.) in pure and Mixed cropping with Barley (*Hordeum vulgare* L.) to determine the Best combination of legume and cereal for forage production. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, *5*, 169-176. https://doi.org/10.3844/ajabssp.2010.169.176
19. Hamzei, J., Seyedi, M., Ahmadvand, G., & Abutalebian, M. A. (2012). The effect of incremental intercropping on weed suppression, yield and yield components of pea and barley. *Iranian Journal of Production and Processing of Agricultural and Horticultural Products*, *2*(3), 43-55. (in Persian).
20. Heydari asl, A. R., Karim mojeni. H., Razmju, J., & Zahedi, M. (2015). Evaluation of the effect of nitrogen application and planting methods on yield and yield components of flax and Bersim clover in intercropping system. Production and processing of agricultural and horticultural products. *Agricultural Science and Technology and former Natural Resources*, *5*(17), 311-320. (in Persian).
21. Huňady, I., & Hochman, M. (2014). Potential of legume-cereal intercropping for increasing yields and yield stability for self-sufficiency with animal fodder in organic farming. Czech *Journal of Genetics and Plant Breeding*, *50*, 185-194. https://doi.org/10.17221/242/2013-CJGPB
22. Jalilian, J., Najafabadi, A., & Zardashti, M. R. (2017). Intercropping patterns and different farming systems affect the yield and yield components of safflower and bitter vetch. *Journal of Plant Interactions*, *12*(1), 92-99. https://doi.org/10.1080/17429145.2017.1294712
23. Kahraryan, B., Farahvash, F., Mohammadi, S., Mirshekari, B., & Rashidi, V. (2018). Evaluation of Barley (*Hordeum vulgare* L.) and Vetch (*Vicia villosa* Roth) Intercropping. *Journal of Crop Ecophysiology*, *12*(4), 651-6670. (in Persian).
24. Kahraryan, B., Farahvash, F., Mohammadi, S., Mirshekari, B., & Rashidi, V. (2021). Evaluation of yield, yield components and nutritive value in intercropping of Barley with Vetch. *Plant Science Today*, *8*(2), 373-379.

25. Luce, M. S., Lemke, R., Gan, Y. T., McConkey, B., May,W., Campbell, C., Zentner, R.,Wang, H., Kroebel, R., Fernandez, M., & Brandt, K. (2020). Diversifying cropping systems enhances productivity, stability, and nitrogen use efficiency. *Agronomy Journal*, *112*, 1517-1536. https://doi.org/10.1002/agj2.20162
26. Luo, C., Guo, Z., Xiao, J., Dong, K., & Dong, Y. (2021). Effects of Applied Ratio of Nitrogen on the Light Environment in the Canopy and Growth, Development and Yield of Wheat When Intercropped. Front. *Plant Science*, *12*, 719850. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.719850
27. Malézieux, E., Crozat, Y., Dupraz, C., Laurans, M., Makowski, D., Ozier-Lafontaine, H., Rapidel, B., Tourdonnet, S., & Valantin-Morison, D. M. (2009). Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, *29*, 43-62. https://doi.org/10.1051/agro:2007057
28. Mohsenabadi, Gh. R., Jahansooz, M. R., Chaichi, M. R., Rahimian Mashhadi, H., Liaghat, A. M., & Savaghebi, Gh. R. (2008). Evaluation of Barley–Vetch Intercrop at Different Nitrogen Rates. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *10*, 23-31.
29. Nasiri, Y. (2020). Effect of Hairy Vetch (*Vicia villosa* Roth) on Weeds Control and Production of Coriander (*Coriandrum sativum* L.) in Intercropping. *Agricultural Science and Sustainable Production*, *30*(3), 1-19. (in Persian).
30. Nazari, S. H., Zand, A., Asadi, S., & Golzardi, F. (2012). Effect of additive and replacement intercropping series of corn (*Zea mays* L.) and mungbean (*Vigna radiate* L.) on yield, yield components and weed biomass. *Weed Research Journal*, *4*(2), 97-109. (in Persian).
31. Pelzer, E., Bazot, M., Makowski, D., Corre-Hellou, G., Naudin, C., Al Rifaï, M., Baranger, E., Bedoussac, L., Biarnès, V., Boucheny, P., Carrouée, B., Dorvillez, D., Foissy, D., Gaillard, B., Guichard, L., Mansard, M. C., Omon, B., Prieur, L., Yvergniaux, M., Justes, E., & Jeuffroy, M. H. (2012). Pea–wheat intercrops in low-input conditions combine high economic performances and low environmental impacts. *European Journal of Agronomy*, *40*, 39-53. https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.01.010
32. Rezvani Moghadam, P., Raoofi, M. R., Rashed Mohassel, M. H., & Moradi, R. (2009). Evaluation of sowing patterns and weed control on mung bean (*Vigna radiate* L. Wilczek)- black cumin (*Nigella sativa* L.) intercropping system. *Journal of Agroecology*, *1*(1), 65-79. (in Persian).
33. Sadeghpour, A., & Jahanzad. E. (2012). Seed yield and yield components of intercropped barley (*Hordeum vulgare* L.) and annual medic (*Medicago scutellata* L.). *Australian Journal of Agricultural Research*, *3*, 47-50.
34. Seyedi, M., Hamzei, J., Ahmadvand, G., & Abutalebian, M. A. (2012). The Evaluation of Weed Suppression and Crop Production in Barley-Chickpea Intercrops. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *22*(3), 101-115.
35. Soleimanpour, L., Naderi, R., Bijanzadeh, E., Behpouri, A., & Emam, Y. (2018). Response of yield and yield components of wheat, barley and triticale to intercropping with legumes under weed interference. *Journal of Plant Ecophysiology*, *9*(32), 1-12. (in Persian).
36. Toreifi, Sh., Fateh, E., & Aynehband, A. (2020). Investigation the different barley (*Hordeum vulgare*) and fenugreek (*Trigonella foenum- graecum*) growth characteristics intercropping under nitrogen fertilizer at barley spiking stage. *Journal of Plant Ecophysiology*, *12*(40): 91-101. (in Persian).
37. Tosti, G., Benincasa, P., & Giuiducci, M. (2010). Competition and Facilitation in Hairy vetch- Barley Intercrops. *Italian Journal of Agronomy/ Rivista di Agronomia*, *3*, 239-247. https://doi.org/10.4081/ija.2010.239
38. Wang, L. F., Chen, J., & Shangguan, Z. P. (2016). Photosynthetic characteristics and nitrogen distribution of large-spike wheat in northwest china. *Journal of Integrative Agriculture*, *15*, 545-552. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61151-0
39. Weerarathne, L. V. Y., Marambe, B., & Chauhan, B. S. (2017). Does intercropping play a role in alleviating weeds in cassava as a non-chemical tool of weed management? - A review. *Crop Protection*, *95*, 81-88. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.08.028
40. Weih, M., Karley, A. J., Newton, A. C., Kiær, L. P., Scherber, C., Rubiales, D., Adam, E., Ajal, J., Brandmeier, J., Pappagallo, S., Villegas-Fernández, A., Reckling, M., & Tavoletti, S. (2021). Grain Yield Stability of Cereal-Legume Intercrops Is Greater Than Sole Crops in More Productive Conditions. *Agriculture*, *11*, 255. https://doi.org/10.3390/agriculture11030255
41. Zafaranieh, M. (2015). Effect of various combinations of safflower and chickpea intercropping on yield and yield components of safflower. *Agriculture Science Developments*, *4*, 31-34.
42. Zimdahl, R. L. (2007). *Weed-Crop Competition: A Review*. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons.